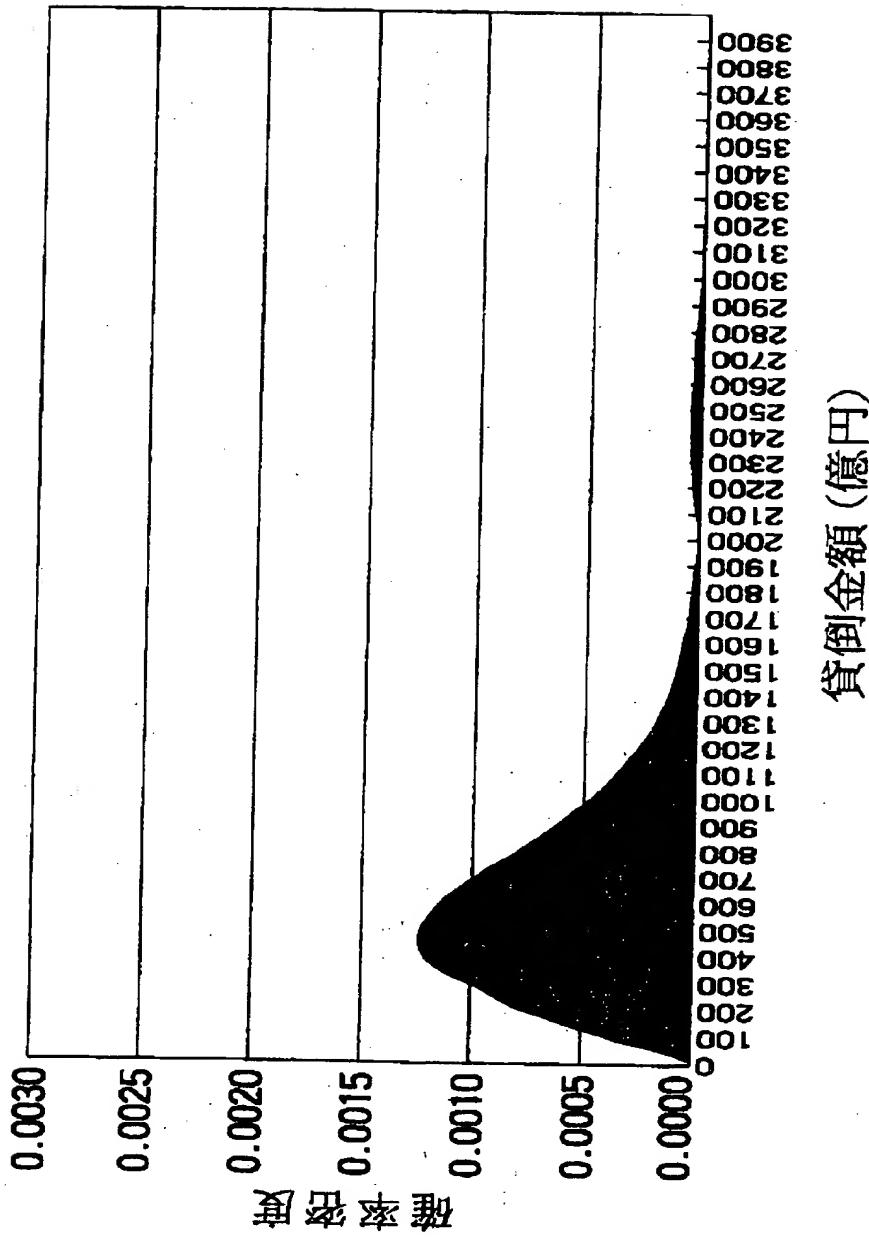


【 5 】



【図 6】

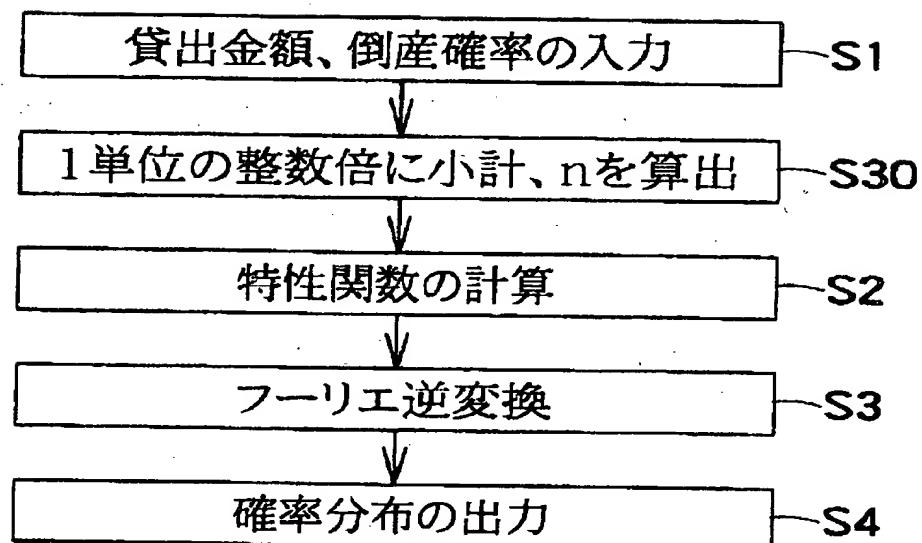
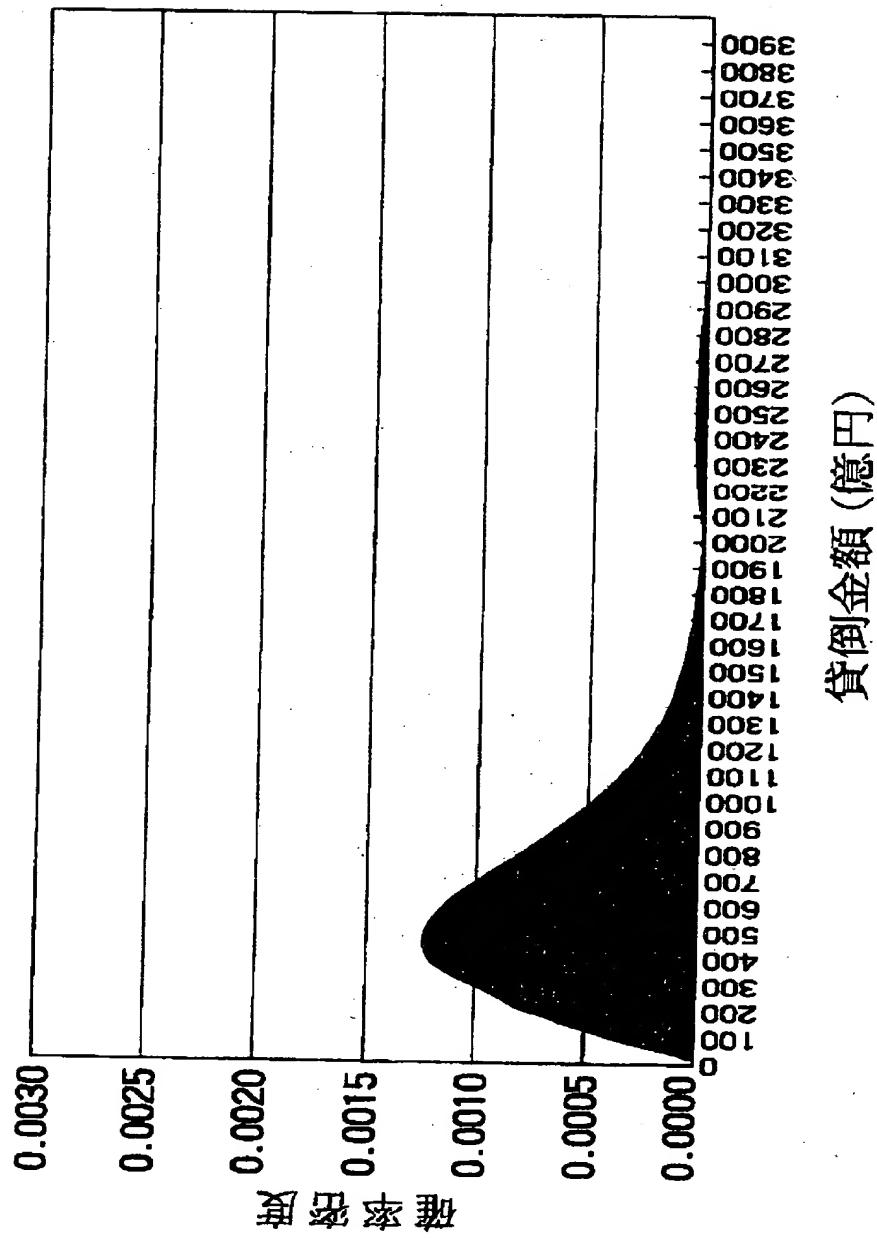
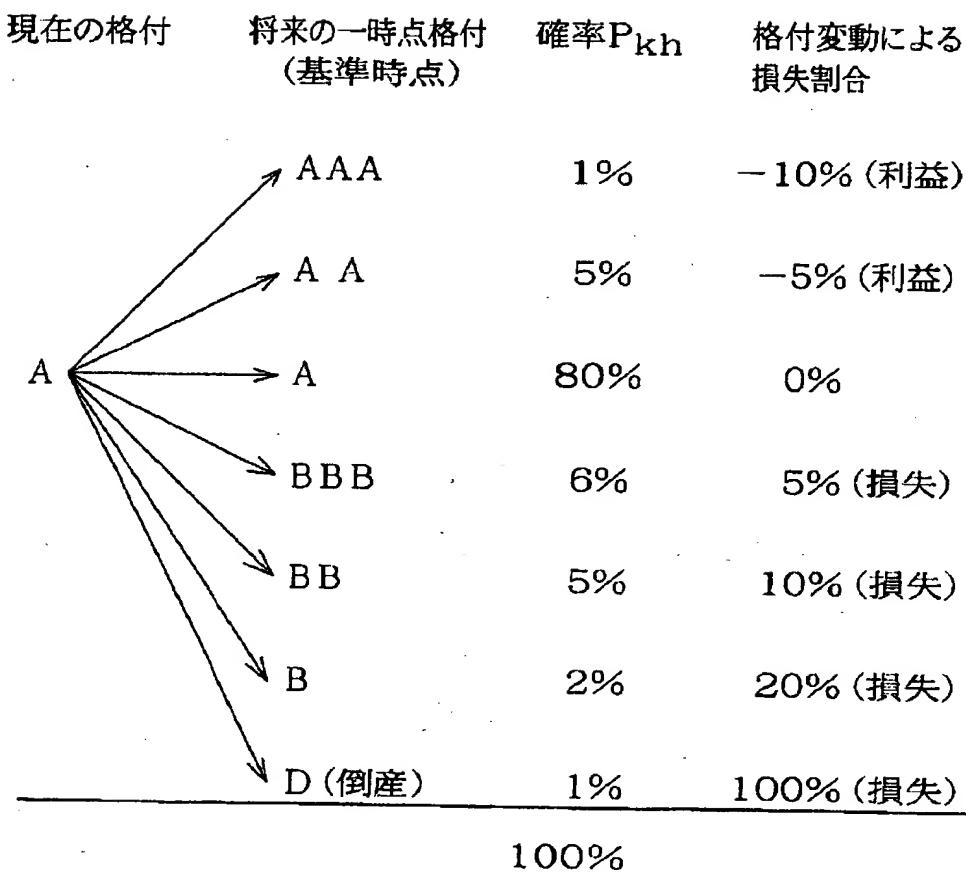


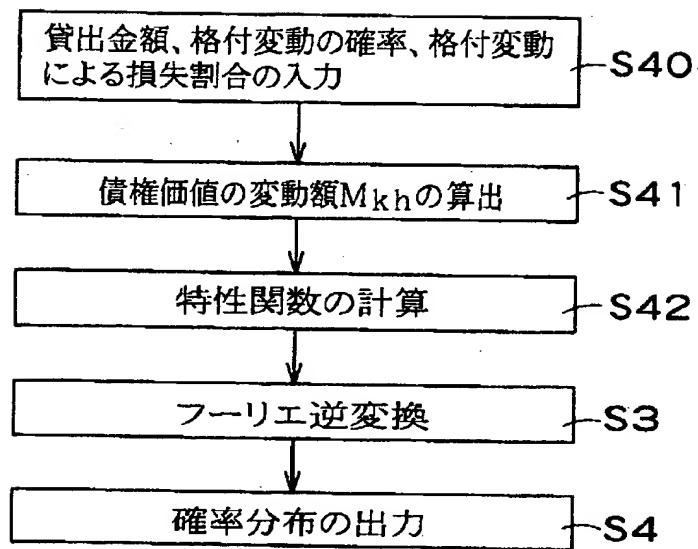
図 7



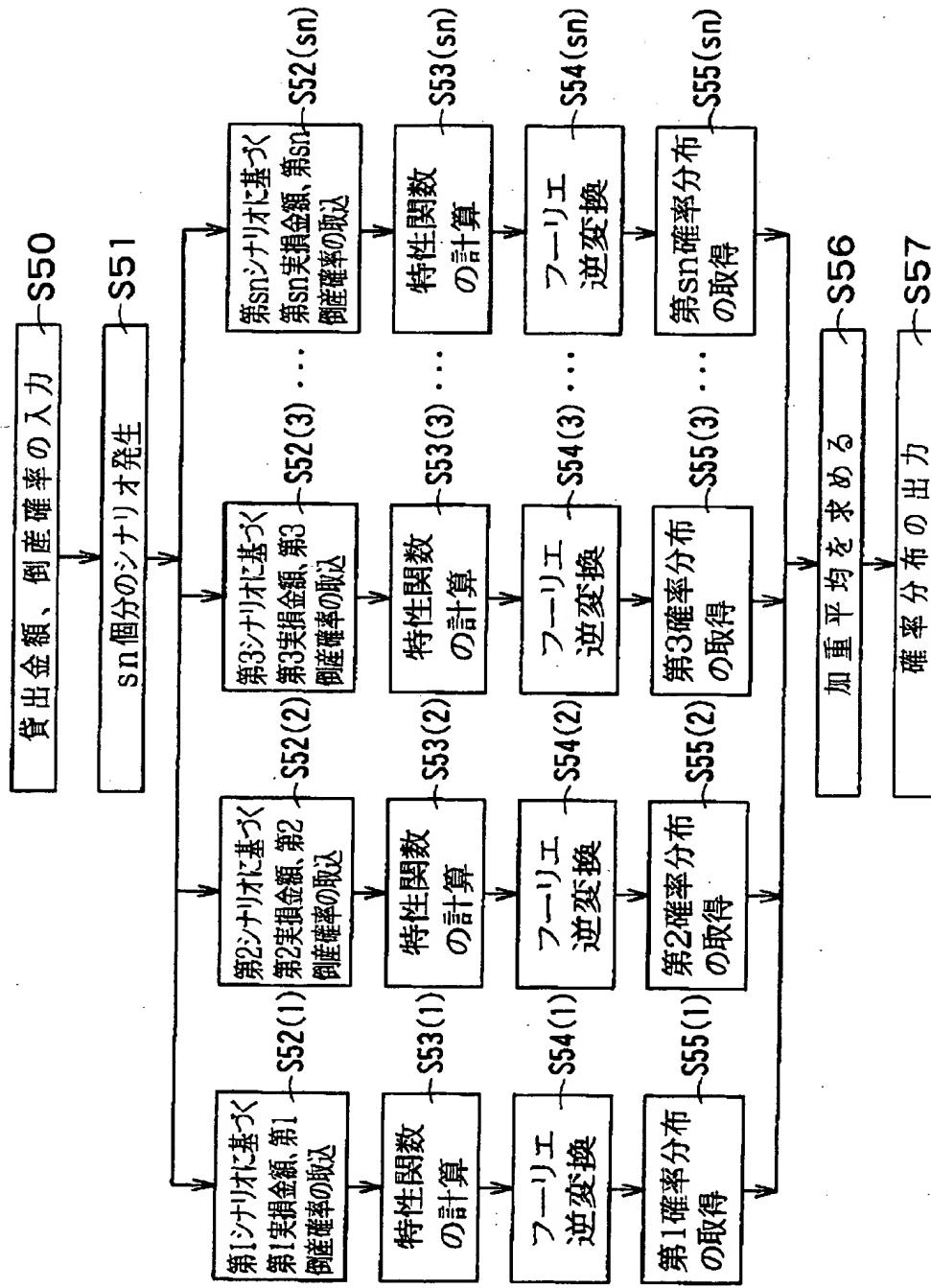
【図8】



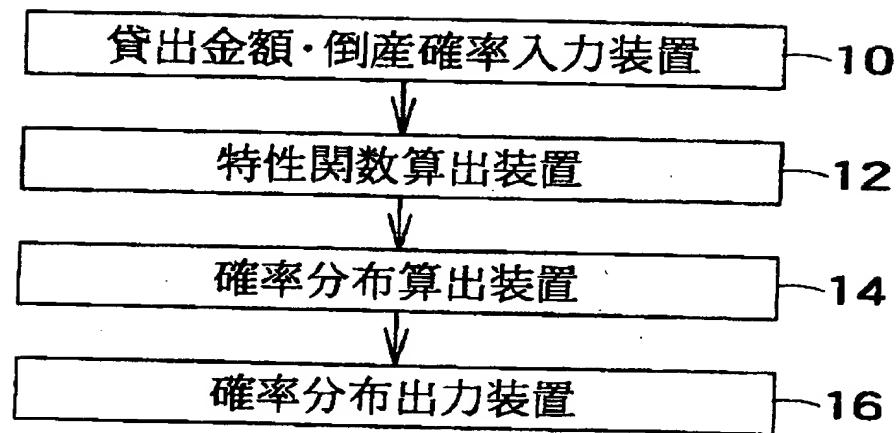
【図9】



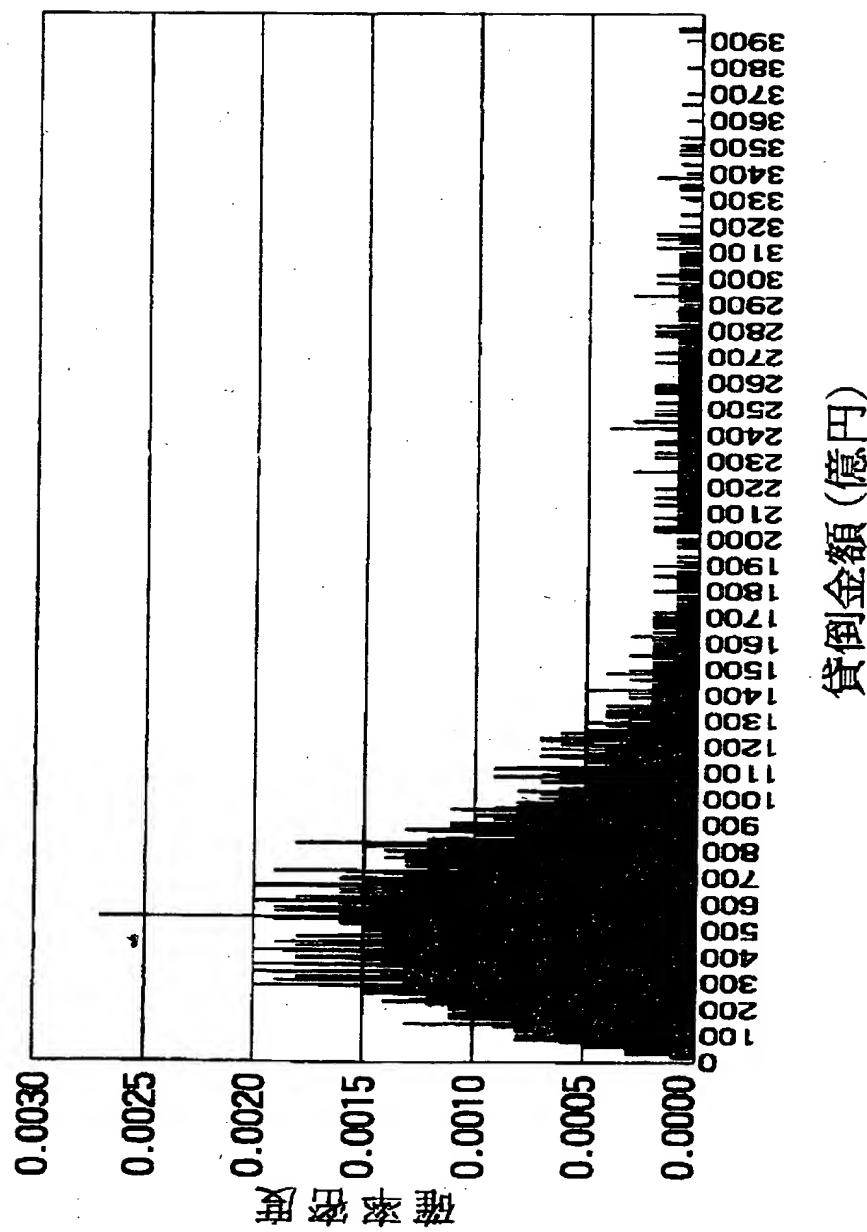
【図10】



【図11】



【図12】



貸倒金額の確率分布算出装置

SYSTEM FOR COMPUTING PROBABILITY DISTRIBUTION OF LOAN LOSSES

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

本発明は、複数の貸出先を有する金融機関において、各貸出先の貸出金額と、各貸出先の倒産確率とが既知であることを前提に、貸出金全体から発生する貸倒金額の確率分布を算出するためのコンピュータ技術に関する。

Description of the Related Background Art

都市銀行等のある程度の規模を有する金融機関の場合、資金を貸し出している貸出先は、数万先にのぼる。ここで、1つの貸出先に着目した場合、その貸出先が倒産する場合と、倒産しない場合の、2通りが考えられる。つまり、1つの貸出先について、倒産、非倒産の2通りが考えられる。したがって、貸出金全体から発生する貸倒金額の確率分布を算出しようとする場合、全体の倒産、非倒産の場合の数は、2の貸出先数乗、すなわち、2の数万乗という莫大な数になってしまう。このため、それぞれの貸出先の倒産する確率である倒産確率と、それぞれの貸出先の貸出金額がわかっていたとしても、貸出金全体での倒産金額の確率分布を算出するためには、2の数万乗（約1兆の千乗程度）という、莫大な場合のすべてについて計算する必要があり、この確率分布の算出はコンピュータを利用しても事実上不可能である。つまり、コンピュータを用いたとしても計算負荷が大きすぎて、算出することが現実的にできない。したがって、現状ではこの分野で貸倒金額の確率分布を正確に計算する技術はない。

上述したところからわかるように、従来、貸倒金額の確率分布を正確に算出する技術が存在しなかつたため、この貸倒金額の確率分布を求めるために、シミュレーション法が採用されていた。このシミュレーション法とは、全体の倒産、非倒産のうちの一部をサンプルとして抽出し、このサンプルの貸倒金額の確率分布を算出した上で、全体の貸倒金額の確率分布を推定するという方法であった。すなわち、2の数万乗の場合の数の中から乱数により1万件程度を取り出し、その

貸倒金額の確率分布の分布状況を算出した上で、全体である2の数万乗の場合の貸倒金額の確率分布を推定するという方法であった。このシミュレーション法により、全体の貸倒金額の確率分布を求めたグラフの例を図12に示す。この図12のグラフからわかるように、このシミュレーション法では誤差が大きいため実用には向いていないという問題があった。すなわち、グラフの精度が粗いため、ある貸倒金額になる確率密度が必ずしも正確に求まらないという問題があった。つまり、推定誤差が大きすぎて、非実用的であるという問題があった。

SUMMARY OF THE INVENTION

そこで本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、各貸出先の貸出金額と、各貸出先の倒産確率とが既知である場合に、貸出金全体から発生する貸倒金額の確率分布を正確に算出するコンピュータ技術を提供することを目的とする。すなわち、コンピュータを用いて、金融機関全体の又は複数の貸出先をグループとして見た場合の貸倒金額の確率分布を正確に求めることができるようにし、ある貸倒金額になる確率密度を正確に求めることができるようにすることを目的とする。

本発明の1つのアспектトは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、前記複数の貸出先のそれぞれの貸出金額と倒産確率とを入力するための、入力手段と、

前記入力手段で入力された前記貸出金額と前記倒産確率に基づいて、その特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記確率分布算出手段により算出された前記確率分布を出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明の別のアспектトは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、

前記複数の貸出先のそれぞれの格付が変動する確率である格付変動確率と、前記複数の取引先の前記格付の変動による債権価値の変動額である債権価値変動額とを取得する、取得手段と、

前記取得手段で取得した前記格付変動確率と前記債権価値変動額とに基づいて、その特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記確率分布算出手段により算出された前記確率分布を出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明のさらに別のアспектは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、前記複数の貸出先のそれぞれの貸出金額と倒産確率とを入力するための、入力手段と、

前記入力手段で入力された前記貸出金額に基づいて、前記貸出先が倒産した場合に前記金融機関が実質的に損害を被る金額である実損金額を算出する、実損金額算出手段と、

前記実損金額と前記倒産確率とに基づいて、その特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記確率分布算出手段により算出された前記確率分布を出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明のさらなる別のアспектは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、前記貸出先が倒産した場合に前記金融機関が実質的に損害を被る金額である実損金額を将来の変動を予測して複数取得するとともに、前記貸出先が倒産する倒産確率を将来の変動を予測して複数取得して、これを複数のシナリオとする、シ

ナリオ取得手段と、

前記シナリオ取得手段で取得した複数の前記実損金額と前記倒産確率とに基づいて、前記シナリオ毎に特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、前記シナリオ毎に確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記シナリオ毎の確率分布の平均である平均確率分布を算出するための、平均確率分布算出手段と、

前記平均確率分布算出手段により算出された前記平均確率分布を出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明のさらに別のアスペクトは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、前記貸出先が倒産した場合に前記金融機関が実質的に損害を被る金額である実損金額を将来の変動を予測して複数取得するとともに、前記貸出先が倒産する倒産確率を将来の変動を予測して複数取得して、これを複数のシナリオとする、シナリオ取得手段と、

前記シナリオ取得手段で取得した複数の前記実損金額と前記倒産確率とに基づいて、前記シナリオ毎に特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、前記シナリオ毎に確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記確率分布算出手段により算出された前記シナリオ毎の確率分布をそれぞれ出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明のそしてさらなるアスペクトは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、前記複数の貸出先のそれぞれの貸出金額を取得するとともに、前記貸出先が倒産する倒産確率を将来の変動を予測して複数取得して、これを複数のシナリオとする、シナリオ取得手段と、

前記シナリオ取得手段で取得した前記貸出金額と複数の前記倒産確率とに基づ

いて、前記シナリオ毎に特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、前記シナリオ毎に確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記シナリオ毎の確率分布の平均である平均確率分布を算出する、平均確率分布算出手段と、

前記平均確率分布算出手段により算出された前記平均確率分布を出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明のまた別のアスペクトは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、前記複数の貸出先のそれぞれの貸出金額を取得するとともに、将来を予測して、前記貸出先が倒産する複数の倒産確率を取得して、これを複数のシナリオとする、シナリオ取得手段と、

前記シナリオ取得手段で取得した前記貸出金額と前記複数の倒産確率とに基づいて、前記シナリオ毎の特性関数を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、前記シナリオ毎に確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記確率分布算出手段により算出された前記シナリオ毎の確率分布をそれぞれ出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明のまた別のアスペクトは、

N 個の貸出先 $k = 1 \cdots N$ を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出装置であって、

前記 N 個の貸出先 $k = 1 \cdots N$ のそれぞれの貸出金額 M_k と倒産確率 p_k とを入力するための、入力手段と、

前記入力手段で入力された前記貸出金額 M_k と前記倒産確率 p_k のうちの少なくとも一方に基づいて、前記貸出先数 N を算出するための、貸出先数算出手段と、

フーリエ変換の分点数 n に対して、 $t = 2\pi m / (2^n)$ 、($m = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1$) の各 t における特性関数

$$\phi(t) = \prod_{k=1}^N \{1 + p_k (\exp(i t M_k) - 1)\}$$

を算出するための、特性関数算出手段と、

前記特性関数算出手段により算出された前記特性関数を、高速フーリエ変換法を用いて、フーリエ逆変換をすることにより、確率分布を算出するための、確率分布算出手段と、

前記確率分布算出手段により算出された前記確率分布を出力するための、確率分布出力手段と、

を備える貸倒金額の確率分布算出装置を提供する。

本発明の1つのアспектは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布算出方法であって、前記複数の貸出先のそれぞれの貸出金額と倒産確率とを入力するための、入力処理と、

前記入力処理で入力された前記貸出金額と前記倒産確率に基づいて、その特性関数を算出するための、特性関数算出処理と、

前記特性関数算出処理により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換することにより、確率分布を算出するための、確率分布算出処理と、

前記確率分布算出処理により算出された前記確率分布を出力するための、確率分布出力処理と、

を備える貸倒金額の確率分布算出方法を提供する。

本発明の1つのアспектは、

複数の貸出先を有する金融機関における貸倒金額の確率分布を算出するためのプログラムを記録した記録媒体であって、

前記複数の貸出先のそれぞれの貸出金額と倒産確率とを入力するための、入力処理と、

前記入力処理で入力された前記貸出金額と前記倒産確率に基づいて、その特性関数を算出するための、特性関数算出処理と、

前記特性関数算出処理により算出された前記特性関数をフーリエ逆変換する

ことにより、確率分布を算出するための、確率分布算出処理と、
前記確率分布算出処理により算出された前記確率分布を出力するための、確率
分布出力処理と、
を備えるプログラムを記録した記録媒体を提供する。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1は、確率分布と特性関数に対するフーリエ変換とフーリエ逆変換との関係
を示す図、

図2は、本発明の第1実施形態に係る貸倒金額の確率分布を求めるための処理
を概略的に示したフロー図、

図3は、本発明の第1実施形態に係る貸倒金額の確率分布を求めるための処理
を詳細に示したフロー図（その1）、

図4は、本発明の第1実施形態に係る貸倒金額の確率分布を求めるための処理
を詳細に示したフロー図（その2）、

図5は、本発明により得られた確率分布のグラフの一例を示す図、

図6は、本発明の第2実施形態に係る貸倒金額の確率分布を求めるための処理
を概略的に示したフロー図、

図7は、本発明により得られた確率分布のグラフの一例を示す図、

図8は、現時点から将来のある一時点までにある取引先の格付が変動するバタ
ーンを説明するための図、

図9は、本発明の第3実施形態に係る貸倒金額の確率分布を求めるための処理
を概略的に示したフロー図、

図10は、本発明の第4実施形態に係る貸倒金額の確率分布を求めるための処理
を概略的に示したフロー図、

図11は、本発明をハードウェア的に実現した場合の貸倒金額の確率分布算出
装置、

図12は、従来のシミュレーション法により得られた確率分布のグラフの一例
を示す図。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[第1実施形態]

本発明の第1実施形態は、確率分布と特性関数が、フーリエ変換及びフーリエ逆変換により、一対一に対応していることを利用して、金融機関における貸出先全体の貸倒金額の特性関数をまず求めて、この特性関数をフーリエ逆変換することにより、全体の貸倒金額の確率分布を求めようとするものである。より詳しくを以下に説明する。

まず図1に基づいて、確率分布と特性関数に対する、フーリエ変換とフーリエ逆変換の関係を説明する。図1は、確率分布と特性関数に対する、フーリエ変換とフーリエ逆変換の関係を示す図である。

この図1からわかるように、確率分布をフーリエ変換すると、特性関数が求まる。これに対して、特性関数をフーリエ逆変換すると、確率分布が求まる。本実施形態は、この関係を利用して、全体の貸倒金額の特性関数を求めた上で、この求まった特性関数をフーリエ逆変換して全体の貸倒金額の確率分布を求めるのである。

次に、本実施形態における全体の貸倒金額の確率分布を求めるための過程を説明する。

貸出先の数をNとする。すなわち、貸倒金額の確率分布を求めるための対象となる貸出先の数をNとする。この貸出先の数Nは、ある金融機関における全貸出先の数であってもよいし、複数の貸出先をまとめたグループ内の貸出先の数であってもよい。 X_k は貸出先kの倒産 ($X_k = 1$)、非倒産 ($X_k = 0$) を表す確率変数とする。ここで、 $k = 1, 2, \dots, N$ である。貸出先kが倒産する確率である倒産確率は p_k とする。また、確率変数 X_k はそれぞれ独立であると仮定する。すなわち、ある貸出先が倒産する確率と、別の貸出先が倒産する確率とは、独立であると仮定する。 M_k を貸出先kへの貸出金額とし、貸出金全体での貸倒金額をLとする。すると、貸出金全体での貸倒金額Lの分布は、数式(1)で表される。

$$L = \sum_{i=1}^N M_i X_i \quad \dots (1)$$

貸出金全体の貸倒金額Lの特性関数 $\phi(t)$ を考える。特性関数 $\phi(t)$ の定義は、 $\phi(t) = E[\exp(iLt)]$ である。ここで $i = \sqrt{(-1)}$ を意味しており、Eは期待値を意味しており、 $\exp()$ は自然対数の底を底とする指数関数を意味している。この特性関数 $\phi(t)$ を展開すると、

$$\phi(t) = E[\exp(iLt)]$$

$$= E[\exp(i t \sum_{k=1}^N M_k X_k)]$$

独立性より、

$$= \prod_{k=1}^N E[\exp(i t M_k X_k)]$$

$$= \prod_{k=1}^N \{ (1 - p_k) + p_k \exp(i t M_k) \}$$

$$= \prod_{k=1}^N \{ 1 + p_k (\exp(i t M_k) - 1) \} \quad \cdots (2)$$

この数式(2)より、特性関数が定式化できる。

次に、フーリエ逆変換を考える。本実施形態においては、コンピュータを用いた高速フーリエ変換法(Fast Fourier Transform: FFT)を用いる。このFFTでは、

$$t = \frac{2\pi m}{2^n} \quad (m = 0, 1, 2 \cdots 2^n - 1) \quad \cdots (3)$$

について、特性関数 $\phi(t)$ の値を複素数で与えれば、フーリエ逆変換が行われ、貸出金全体での貸倒金額 L の確率分布 $f(L)$ が計算される。ここで、 $m = 0, 1, 2 \cdots 2^n - 1$ であり、 $L = 0, 1, 2 \cdots 2^n - 1$ である。また、 n はフーリエ変換の分点数 Q を定めるパラメータである。つまり、分点数 $Q = 2^n$ 個になる。したがって、数式 (2) に数式 (3) を順次代入することにより、貸倒金額 L の確率分布 $f(L)$ を算出することができる。

次に、図 2 乃至図 4 に基づいて、上述した貸倒金額 L の確率分布 $f(L)$ を求めるための処理を説明する。図 2 は、この貸倒金額 L の確率分布 $f(L)$ を求めるための処理フローを概略的に示す図であり、図 3 及び図 4 は、この処理フローをより詳細に示す図である。

まず、図 2 に基づいて、本実施形態に係る貸倒金額の確率分布を算出するための手法を、コンピュータで実施した場合の概略的な処理を説明する。この図 2 からわかるように、まず、各貸出先の貸出金額 M_k と倒産確率 p_k とを入力する (ステップ S 1)。続いて、これら貸出金額 M_k と倒産確率 p_k とのうちの少なくとも一方のデータを用いて貸出先数 N を算出した上で、特性関数 $\phi(t)$ を計算する (ステップ S 2)。次に、この特性関数 $\phi(t)$ をフーリエ逆変換することにより、貸出金全体の貸倒金額 L の確率分布 $f(L)$ が求まる (ステップ S 3)。そして、この確率分布をプリンタ等で出力する (ステップ S 4)。以上が、本実施形態の概略的な処理である。

次に、図 3 に基づいて、本実施形態に係る貸倒金額の確率分布を算出するための手法を、コンピュータで実施した場合の詳しい処理を説明する。この図 3 からわかるように、まず、各貸出先の貸出金額 $M(k)$ と倒産確率 $P(k)$ をデータとして入力する (ステップ S 1 1)。ここで、 k は貸出先を特定するための変数である。つまり、 $M(k)$ は貸出先 k への貸出金額であり、 $P(k)$ は貸出先 k の倒産確率である。これらのデータ入力は、例えば、銀行の大型ホストコンピュータからダウンロードすることにより、入力作業の容易化を図ることが可能である。次に、数式 (3) からわかるように、 $t = 0$ とした上で (ステップ S 1 2)、貸出先を特定するための変数 k を 1 とし、 t がある値の時の特性関数 $\phi(t)$ を求めるための変数 A を 1 とする (ステップ S 1 3)。

次に、上述した数式(2)に基づく算術を行う。すなわち、 $A = A \times (1 + P(k) \times (\exp(t \times M(k)) - 1))$ を $k = 1$ から貸出先数 N になるまで順次繰り返して実行する(ステップS14～ステップS16)。続いて、この算出された A を特性関数 $\phi(t)$ に代入する。次に、 t に $2\pi / (2^n)$ を加える(ステップS18)。つまり、次の t を算出する。この t が 2π に満たないときは(ステップS19)、ステップS13からの処理を繰り返す。 t が 2π 以上になつたときは(ステップS19)、特性関数 $\phi(t)$ が求まつたことになるので、図4に示すフーリエ逆変換の処理を行う。

すなわち、図4からわかるように、特性関数 $\phi(t)$ からフーリエ係数を抽出する(ステップS20)。続いて、分点数 Q である 2^n を 4 で除算することにより分点数 Q を $1/4$ にする(ステップS21)。次に、 $4 \times Q$ 分点フーリエ係数列を 4 分点フーリエ係数列 Q 組と考える(ステップS22)。すなわち、係数列 $C(w)$ について、 w を Q で割った余りを w' とした場合、 $C(w')$ 、 $C(w' + Q)$ 、 $C(w' + 2Q)$ 、 $C(w' + 3Q)$ を 4 分点フーリエ係数列とみなす。続いて、4 分点フーリエ逆変換を Q 回繰り返す(ステップS23)。すなわち、 Q 組分の 4 分点フーリエ逆変換を行う。こうして得られた係数列を

$$D(S, w') \quad S = 0, 1, 2, 3$$

とする。

次に、回転因子である $\exp((-2\pi i w' S / (4Q)))$ を Q 組の 4 分点フーリエ係数列に乗算する(ステップS24)。続いて、このように算出された Q 組の 4 分点フーリエ係数列を、4 組の Q 分点フーリエ係数列と見なす(ステップS25)。次に、 $Q = 1$ となつたかどうかを判断する(ステップS26)。このステップS26で $Q = 1$ となつていないと判断した場合は、 Q を 4 で除算した上で(ステップS27)、上述したステップS21からの処理を繰り返す。ステップS26で $Q = 1$ となつていると判断した場合は、これにより特性関数 $\phi(t)$ のフーリエ逆変換が完了し、確率分布が算出されることになるので、この確率分布における確率密度を縦軸にとり、貸倒金額を横軸にとって、確率分布を出力する(ステップS28)。この確率分布の出力の一例を図5に示す。この図5に示すグラフは、横軸の貸倒金額が 1 円単位で棒グラフが描かれる形で作成さ

れる。

この図5からわかるように、本実施形態においては、それ以上の貸倒が発生する確率密度が算出処理上実質的にゼロとみなせる貸倒金額までの確率分布を算出している。つまり、一定の金額以上の貸倒金額が発生する確率密度は、算出処理をする上でも、実用的に用いる上でも、ゼロとみなしても差し支えない。このため、一定の金額以上の貸倒金額の発生する確率分布を求めることを省くことにより、算出処理の高速化を図ろうとしている。例えば、図5では4000億円以上の貸倒金額の発生する確率密度は実質的にゼロとみなせるので、本実施形態では、4000億円の貸倒金額までしか確率分布を求めていない。この場合 $n = 20$ となる。つまり、図5における横軸として1円単位で4000億円分必要になるので、 $2^{20} - 1$ が少なくとも4000億を超えるように、 n を設定すればよい。すなわち、 $2^{2 \times 20} - 1$ は約1兆995億であるので、 $n = 20$ に設定すればよい。

なお、本実施形態のように一定の貸倒金額以上を省かずに、すべての貸倒金額について確率分布を算出することも可能である。すなわち、図5における横軸として、すべての貸出先の貸出金総合計額までグラフを出力するように、算出処理をすることも可能である。

以上のように本実施形態に係る貸出金額の確率分布を算出する技術によれば、多数の貸出先がある場合における貸倒金額の確率分布をコンピュータを用いて正確に計算することができる。このため、銀行等の金融機関は事前に貸倒金額の発生を確率的に予想することができる。例えば、図5を例に説明すると、700億円の貸倒金額が発生する確率密度は0.0010であると、確率的に予想することができる。また、3000億円以上の貸倒金額が発生する確率密度は99%以下であると、判断することができる。このように貸倒金額の発生が事前に確率的にわかることにより、銀行等の金融機関は、貸倒引当金の設定や自己資本の充実などの手段により、信用リスクの管理が可能になる。

また、それ以上の貸倒金額の発生する確率密度が算出処理上実質的にゼロとみなせる金額以上の確率密度の算出を省略することとしたので、コンピュータの負荷を軽減し、短時間で確率分布を算出することができる。

〔第2実施形態〕